

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
1 mars 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/14909 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷: G01T 1/40,
1/208

(21) Numéro de la demande internationale:
PCT/FR00/02370

(22) Date de dépôt international: 25 août 2000 (25.08.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:
99/10833 26 août 1999 (26.08.1999) FR

(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*): SOL-
LAC [FR/FR]; Immeuble "La Pacific" - La Défense 7,
11/13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR). ZIETRONIC
[FR/FR]; 9, allée des Coteaux, F-93340 Le Raincy (FR).

(72) Inventeurs; et

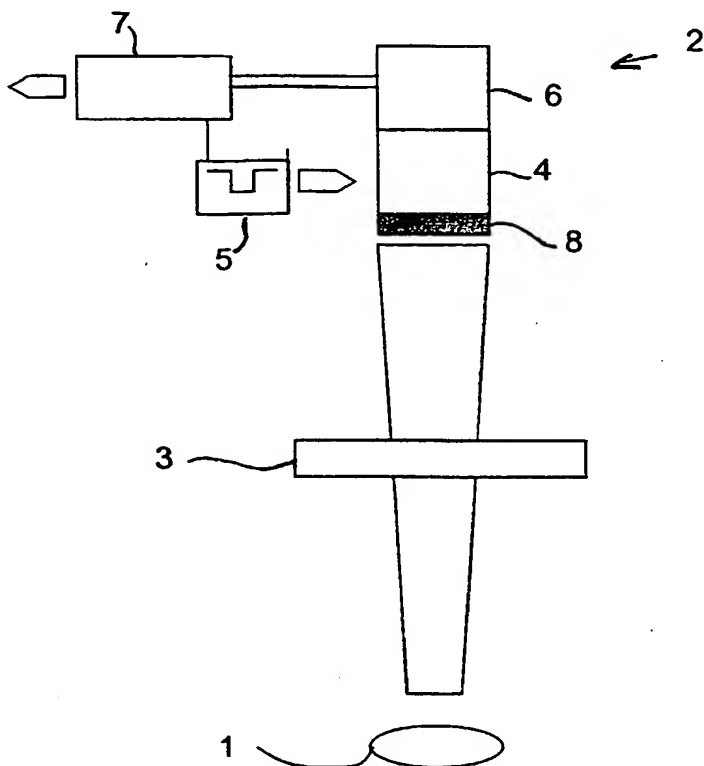
(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*): PRAT, Yves
[FR/FR]; 38, rue de la Pommeraie, F-44210 Coueron (FR).
ZIE, André [FR/FR]; 9, allée des Coteaux, F-93340 Le
Raincy (FR).

(74) Mandataire: VENTAVOLI, Roger; Usinor, Direction
de la Propriété Industrielle, Immeuble "La Pacific", TSA
10001, F-92070 La Défense Cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING LUMINOUS INTENSITY USING A PHOTOMULTIPLIER COMPRISING A CALIBRATION SOURCE

(54) Titre: DISPOSITIF ET PROCEDE DE MESURE D'INTENSITE LUMINEUSE A L'AIDE D'UN PHOTOMULTIPLICA-
TEUR COMPORTANT UNE SOURCE DE CALIBRAGE



(57) Abstract: The invention relates to a device (2) for measuring the luminous intensity of radiation, comprising a photomultiplier (4) which has a photoelectric input cathode and a calibration source (5). Said calibration source is adapted to emit radiation of a constant intensity towards said photoelectric cathode. According to the inventive method, the measurement for the radiation to be measured is related to that of the radiation of the calibration source. The advantages of the invention include the elimination of fluctuations and/or deviations of the photomultiplier gain. The invention can be advantageously used with pulsed X-rays.

(57) Abrégé: Dispositif (2) de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement comprenant un photomultiplicateur (4) comportant une photocathode d'entrée et une source de calibration (5) adaptée pour émettre un rayonnement d'intensité constante orienté vers ladite photocathode. Procédé dans lequel on rapporte la mesure du rayonnement à mesurer à celle du rayonnement de la source de calibration. Avantages: élimination des fluctuations et/ou dérives du gain du photomultiplicateur. Utilisation avantageuse avec les sources à rayons X pulsées.

WO 01/14909 A1



(81) États désignés (*national*): AE, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, DZ, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen

(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**Dispositif et procédé de mesure d'intensité lumineuse à l'aide
d'un photomultiplicateur comportant une source de calibrage.**

L'invention concerne la mesure d'intensité lumineuse à l'aide de photomultiplicateurs.

5 Le gain d'un photomultiplicateur est soumis à des fluctuations à court terme, comme celles résultant de variations de température de ce photomultiplicateur, et à des fluctuations ou dérives à long terme, comme celles résultant de l'usure et de l'âge de ce photomultiplicateur.

Ces fluctuations ou dérives du gain entachent d'erreurs les mesures
10 délivrées directement par le photomultiplicateur.

L'invention a pour but d'éviter cet inconvénient.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement comprenant un photomultiplicateur comportant une fenêtre principale d'entrée dudit rayonnement et une photocathode d'entrée
15 disposée dans le champ de ladite fenêtre, caractérisé en ce qu'il comprend également une source de calibrage adaptée pour émettre un rayonnement d'intensité constante orienté vers ladite photocathode.

L'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 20 - ladite source de calibrage est une diode électroluminescente.
- la longueur d'onde de l'intensité maximale d'émission de ladite diode appartient au domaine de longueurs d'onde de sensibilité maximale dudit photomultiplicateur.
- le dispositif comprend un élément scintillateur disposé en travers de la
25 fenêtre principale d'entrée et adapté pour convertir le rayonnement à mesurer en un rayonnement de longueur d'onde adaptée à la sensibilité dudit photomultiplicateur, la source de calibrage émettant directement vers ladite photocathode sans traverser le scintillateur.

Comme l'élément scintillateur n'est en général soumis à aucune
30 fluctuation ou dérive, le rayonnement de calibration peut être appliqué directement au photomultiplicateur sans passer par le scintillateur.

L'invention a également pour objet un dispositif de mesure d'interaction d'un rayonnement avec un matériau comprenant une source principale de

rayonnement, un dispositif de mesure de l'intensité lumineuse du rayonnement ayant interagi avec ledit matériau selon l'invention, et des moyens pour disposer ledit matériau sur le trajet du rayonnement entre ladite source principale et ledit dispositif de mesure.

5 Ladite source principale de rayonnement peut être une source de rayons X.

De préférence, le dispositif selon l'invention comprend également :

- des moyens pour éteindre la source de rayonnement ou obturer le rayonnement à mesurer,
- 10 - des moyens pour activer ladite source de calibrage uniquement pendant les périodes d'extinction ou d'obturation dudit rayonnement,
- et des moyens pour rapporter la mesure effectuée par le photomultiplicateur soumis au rayonnement à mesurer pendant une période où ce rayonnement n'est ni éteint ni obturé à la mesure effectuée par le photomultiplicateur dans les mêmes conditions
- 15 pendant une période où la source de calibrage est activée.

Dans le cas d'une source de rayonnement X, de préférence, on utilise une source de rayonnement X pulsée pour assurer l'extinction périodique de ladite source ; de préférence, cette source pulsée comprend alors un tube d'émission de rayons X comportant un filament, une anode et une cathode, et des moyens

20 pour appliquer une haute tension alternative entre ladite anode et ladite cathode.

Une telle source de rayonnement X est robuste et économique.

L'invention a également pour objet un procédé de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement à l'aide du dispositif selon l'invention dans lequel on rapporte la mesure du rayonnement à mesurer à celle du rayonnement de la source de calibrage ; plus précisément, ce procédé comprend les étapes dans lesquelles, successivement :

25

- la source de calibrage étant éteinte ou obturée, à l'aide du photomultiplicateur, on mesure l'intensité du rayonnement à mesurer,
- 30 - puis, le rayonnement à mesurer étant éteint ou obturé, à l'aide du photomultiplicateur maintenu dans les mêmes conditions de réglage, on mesure l'intensité du rayonnement de la source de calibrage,

- et on déduit la valeur finale d'intensité du rayonnement en rapportant la mesure du rayonnement à mesurer à celle du rayonnement de la source de calibrage.

L'invention a enfin pour objet l'utilisation du dispositif ou du procédé selon
5 l'invention pour mesurer l'épaisseur d'un matériau interagissant par absorption avec ledit rayonnement à mesurer.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, et en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- 10 - la figure 1 est un schéma simplifié d'un dispositif de mesure d'épaisseur de matériau comprenant le dispositif de mesure d'intensité lumineuse selon l'invention,
- la figure 2 est un diagramme des séquences successives de mesure du procédé selon l'invention,
- 15 - les figures 3A et 3B sont des schémas électriques simplifiés de source à rayonnement X respectivement pulsée et continue.

Selon cette description non limitative, l'invention est mise en œuvre dans un dispositif pour mesurer l'épaisseur d'un matériau 3 ; la mesure d'épaisseur repose d'une manière classique sur celle de l'absorption d'un rayonnement par
20 ce matériau.

Le dispositif de mesure d'épaisseur comprend une source principale 1 de rayonnement, un dispositif 2 de mesure de l'intensité lumineuse du rayonnement ayant interagi par absorption avec le matériau 3 et des moyens non représentés pour disposer le matériau 3 sur le trajet du rayonnement entre
25 la source principale 1 et le dispositif de mesure 2.

Le dispositif de mesure 2 comporte un photomultiplicateur 4.

Le photomultiplicateur 4 comporte d'une manière classique une fenêtre principale d'entrée du rayonnement à mesurer et une photocathode d'entrée non représentée disposée dans le champ de ladite fenêtre,

30 Selon l'invention, le dispositif de mesure 2 comprend une source de calibrage 5 adaptée pour émettre un rayonnement d'intensité lumineuse constante orienté vers la photocathode.

D'une manière classique, ce dispositif 2 comporte également des moyens 6 de préamplification et de codage du signal délivré par le photomultiplicateur 4 et des moyens 7 de décodage reliés à la fois aux moyens de préamplification 6 et à la source de calibrage 5.

5 Comme source principale 1, si le matériau 3 est opaque au rayonnement visible, on utilise une source de rayons X qui émet dans un domaine de longueurs d'onde adapté à la mesure d'épaisseur de ce matériau ; comme les photomultiplicateurs sont en général peu sensibles pour la détection de rayonnement X, le photomultiplicateur 4 est doté d'un élément scintillateur 8
10 disposé en travers de sa fenêtre principale d'entrée et adapté pour convertir le rayonnement à mesurer en un rayonnement de longueur d'onde adaptée à la sensibilité du photomultiplicateur.

On remarque que la source de calibrage est disposée de façon à émettre directement vers la photocathode du photomultiplicateur 4, sans traverser le
15 scintillateur 8.

En référence à la figure 3A, comme source principale 1, on utilise de préférence une source de rayons X pulsée, qui comprend un tube d'émission 1 de rayons X – ou tube « X » - comportant un filament, une anode et une cathode, et des moyens pour appliquer une haute tension alternative entre
20 ladite anode et ladite cathode : la figure 3A représente le schéma d'une telle source pulsée, sans redresseur sur le circuit de haute tension, par opposition au schéma d'une source dite continue représentée en figure 3B, qui comporte un redresseur sur le circuit de haute tension.

Le mode pulsé d'émission de cette source forme avantageusement des
25 moyens pour éteindre périodiquement la source principale 1 de rayonnement.

Comme source de calibrage 5, on utilise de préférence une diode électroluminescente.

Le dispositif de mesure 2 comprend enfin des moyens pour activer la source de calibrage 5 uniquement pendant les périodes d'extinction de la
30 source de rayonnement 1 et les moyens de décodage 7 sont adaptés pour rapporter la mesure effectuée par le photomultiplicateur 4 soumis au rayonnement à mesurer pendant une pulsation d'émission de la source

principale 1 à la mesure effectuée par le photomultiplicateur 4 dans les mêmes conditions pendant une période d'émission de la source de calibrage 5.

On va maintenant décrire le procédé pour mettre en œuvre l'invention.

En référence à la figure 2, se succèdent alternativement les deux
5 séquences de mesure d'intensité lumineuse suivantes :

- pendant l'alternance positive (+) d'alimentation du tube « X » correspondant à l'émission de la source 1 (phase B sur le diagramme de la figure 2), la source de calibrage 5 n'émet pas et est éteinte, et, à l'aide du photomultiplicateur, on mesure l'intensité du rayonnement
10 provenant de cette source 1 au travers du matériau 3,
- puis, pendant l'alternance négative (-) d'alimentation du tube « X », qui correspond à l'alternance inverse de polarisation anode-cathode où la source 1 n'émet pas et est ainsi éteinte (phase C sur le diagramme de la figure 2), la source de calibrage 5 émet (mode « allumée ») et, à
15 l'aide du photomultiplicateur maintenu dans les mêmes conditions de réglage, on mesure l'intensité du rayonnement de la source de calibrage 5.

Les moyens de décodage 7 sont adaptés pour séparer les signaux délivrés par le photomultiplicateur pendant les phases B (mesure à proprement
20 parler) et les signaux délivrés par le photomultiplicateur pendant les phases C (calibrage).

On déduit les valeurs finales d'intensité du rayonnement en rapportant les mesures de rayonnement effectuées pendant les phases B à celles effectuées pendant les phases C.

25 Avantageusement, les valeurs obtenues sont alors indépendantes des fluctuations ou des dérives du photomultiplicateur.

De préférence, on stabilise la température de la diode électroluminescente dans un domaine de température où son émissivité est la plus stable et la plus indépendante de la température.

30 On déduit ensuite d'une manière connue en elle-même l'épaisseur du matériau 3 des valeurs d'intensité de rayonnement obtenues.

Le dispositif de mesure de rayonnement selon l'invention peut être utilisé pour des applications très diverses qui débordent largement le domaine de la

mesure d'épaisseur de matériau ou le domaine de longueur d'onde des rayons X.

A la mise en route d'une jauge à rayons « X » ou sur dysfonctionnement, le dispositif de mesure d'intensité de rayonnement selon l'invention permet de
5 connaître l'influence de signaux parasites sur la mesure délivrée par le photomultiplicateur.

En stoppant la source d'émission « X » comme décrit ci-dessus et en activant la source de calibrage seule, il est alors très facile de mettre en évidence ces signaux parasites et d'effectuer les modifications pour
10 désensibiliser, le cas échéant, l'installation (modification des régimes de zéro, blindages et masses par exemple).

Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent ainsi de contrôler la section « réception » indépendamment de la section « émission » d'une installation.

15 Par ailleurs, de nombreux équipements utilisent des détecteurs de type photomultiplicateurs dotés de scintillateurs, en particulier les jauges classiques à rayons « X » ; en référence aux figures 3A et 3B, l'invention permet, sans interrompre la mesure d'intensité lumineuse, de tirer spécialement parti des jauges à émission pulsée qui restent de loin les plus fiables du fait de la rusticité
20 de leur source à rayons « X » qui n'est composée (fig. 3A) que d'un transformateur de chauffage filament, un transformateur haute tension d'alimentation directe du tube entre anode et cathode et du tube « X » lui même. Une source continue comprenant un redressement et filtrage éventuel par condensateur (fig. 3B) n'aurait pas permis de mettre en œuvre aussi
25 simplement et économiquement l'invention et le dispositif obtenu aurait été moins fiable.

REVENDICATIONS

1.- Dispositif (2) de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement comprenant un photomultiplicateur (4) comportant une fenêtre principale d'entrée dudit rayonnement et une photocathode d'entrée disposée dans le champ de ladite fenêtre, caractérisé en ce qu'il comprend également une source de calibrage (5) adaptée pour émettre un rayonnement d'intensité constante orienté vers ladite photocathode.

2.- Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite source de calibrage est une diode électroluminescente.

3.- Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que la longueur d'onde de l'intensité maximale d'émission de ladite diode appartient au domaine de longueurs d'onde de sensibilité maximale dudit photomultiplicateur.

4.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend un élément scintillateur (8) disposé en travers de la fenêtre principale d'entrée et adapté pour convertir le rayonnement à mesurer en un rayonnement de longueur d'onde adaptée à la sensibilité dudit photomultiplicateur, la source de calibrage émettant directement vers ladite photocathode sans traverser l'élément scintillateur (8).

5.- Dispositif de mesure d'interaction d'un rayonnement avec un matériau (3) comprenant une source principale de rayonnement (1), un dispositif (2) de mesure de l'intensité lumineuse du rayonnement ayant interagi avec ledit matériau (3) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, et des moyens pour disposer ledit matériau (3) sur le trajet du rayonnement entre ladite source principale (1) et ledit dispositif de mesure (2).

6.- Dispositif selon la revendication 5 caractérisé en ce que ladite source principale de rayonnement est une source de rayons X.

7.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens pour éteindre la source de rayonnement (1) ou obturer le rayonnement à mesurer,
- 5 - des moyens pour activer ladite source de calibrage (5) uniquement pendant les périodes d'extinction ou d'obturation dudit rayonnement,
- et des moyens pour rapporter la mesure effectuée par le photomultiplicateur (4) soumis au rayonnement à mesurer pendant une période où ce rayonnement n'est ni éteint ni obturé à la mesure effectuée par le photomultiplicateur (4) dans les mêmes conditions pendant une période où la source de calibrage (5) est activée.

8.- Dispositif selon la revendication 7 dépendant de la revendication 6, caractérisé en ce que ladite source de rayons X est pulsée pour assurer l'extinction périodique de ladite source (1).

9.- Dispositif selon la revendication 8 caractérisé en ce que ladite source pulsée comprend un tube d'émission de rayons X comportant un filament, une anode et une cathode, et des moyens pour appliquer une haute tension alternative entre ladite anode et ladite cathode.

10.- Procédé de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement à l'aide du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel on rapporte la mesure du rayonnement à mesurer à celle du rayonnement de la source de calibrage (5).

11.- Procédé de mesure de l'intensité lumineuse d'un rayonnement à l'aide du dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend les étapes dans lesquelles, successivement :

- 30 - la source de calibrage (5) étant éteinte ou obturée, à l'aide du photomultiplicateur (4), on mesure l'intensité du rayonnement à mesurer,

- puis, le rayonnement à mesurer étant éteint ou obturé, à l'aide du photomultiplicateur (4) maintenu dans les mêmes conditions de réglage, on mesure l'intensité du rayonnement de la source de calibrage (5),
- 5 - et on déduit la valeur finale d'intensité du rayonnement en rapportant la mesure du rayonnement à mesurer à celle du rayonnement de la source de calibrage.

12.- Utilisation du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à
10 9 ou du procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 11 pour mesurer l'épaisseur d'un matériau (3) interagissant par absorption avec ledit rayonnement à mesurer.

THIS PAGE BLANK (USPTO)